



Measurement of Particle Species Dependence of Elliptic Anisotropy with High Resolution Reaction Plane Detector at $\sqrt{s_{NN}}=39, 62$ and 200 GeV Au+Au Collisions at RHIC-PHENIX

著者	池田 義雅
その他のタイトル	RHIC-PHENIX実験での核子対あたり39,62,200GeV金 + 金衝突における高分解能反応平面検出器を用いた楕円型方位角異方性の粒子種依存性の測定
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2013
報告番号	12102乙第2680号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00122755

氏 名 (本 籍)	池田 義雅 (茨城県)
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 2680 号
学位授与年月日	平成26年 3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審 査 研 究 科	数理物質科学研究科
学 位 論 文 題 目	

Measurement of Particle Species Dependence of Elliptic Anisotropy with High Resolution Reaction Plane Detector at $\sqrt{s_{NN}}=39, 62$ and 200 GeV Au+Au Collisions at RHIC-PHENIX (RHIC-PHENIX 実験での核子対あたり 39, 62, 200GeV 金+金衝突における高分解能反応平面検出器を用いた楕円型方位角異方性の粒子種依存性の測定)

主	査	筑波大学准教授	博士(理学)	江角晋一
副	査	筑波大学教授	理学博士	三明康郎
副	査	筑波大学講師	博士(理学)	中條達也
副	査	筑波大学教授	博士(理学)	受川史彦

論 文 の 要 旨

米国ブルックヘブン国立研究所(BNL)における相対論的重イオン加速器(RHIC)の PHENIX 実験で金・金衝突実験のための反応平面検出器を製作・導入し、ハドロン楕円型方位角異方性 v_2 の粒子種依存性、衝突エネルギー依存性を測定し、クォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)の集団運動的な性質を調べる研究を行った。異なる種類のハドロンの楕円型方位角異方性を測定する事により、楕円の膨張をする QGP の集団運動的、流体力学的な性質を調べる事を目的とする。特に RHIC 実験のエネルギー領域は、衝突のエネルギーを変化させて衝突実験を行う事により、バリオン密度の高い QGP 相から高温の QGP 相を研究する事が可能になる。ハドロン相・QGP 相の境界線上に予測される臨界点付近では、相転移の様子が大きく変化する事も予測されており異方性の強度が急激に変化すれば、相転移観測の直接証拠ともなり得る。

本研究では、特に高統計の必要になる高い横運動量領域での識別されたハドロン(π 中間子、K 中間子、陽子、反陽子、 Λ バリオン)、さらに希少な ϕ 中間子、重陽子、反重陽子の楕円型方位角異方性 v_2 を精度良く測定するため、反応平面の分解能の良い検出器を新たに開発、製作し、PHENIX 実験に導入した。これにより RHIC 加速器を使った核子対あたり重心エネルギー 39, 62, 200GeV の金・金原子核衝突における、これらハドロンの高精度 v_2 測定を行った。低い運動量領域では観測されたハドロンの v_2 はより重い粒子ほど小さくなる質量依存性を示し、その傾向は集団運動的流体力学計算によりとても良く再現できる事を確認した。流体力学的膨張発展の終状態を記述する Blast Wave モデルを用いてそれら v_2 の実験データと横方向運動量分布をフィットする事により、終状態における系の温度と半径方向の膨張速度及び、楕円の形状を引き出した。得られた終状態での楕円の形状の強度(終状態楕円率 ϵ_{final})は、初期の形状(初期楕円率 $\epsilon_{initial}$)に比べて半分程度になっており、量子力学的相関 HBT 解析による終状態楕円形状解析の結果と同程度の楕円率であった。原子核衝突の幾何学的形状により得られる反応初期

の楕円形的形状が、反応平面方向(短軸方向)に膨張している事を示すが、膨張後の楕円形的形状は未だ反応平面に垂直方向(縦方向)に長い事を示唆している。

終状態の陽子・中性子等の束縛により生成される重陽子、反重陽子の v_2 も、 π 、K 中間子、陽子、 Λ バリオン等と同様にクォーク 1 つあたりの v_2 の重ね合わせで説明される事は、クォーク相におけるクォーク・グルーオンの楕円形的集団膨張の結果、クォークが楕円型方位角異方性 v_2 を持ち、それらのクォーク結合によりハドロンが生成されている事を示唆している。特に ϕ 中間子は、ハドロン相での相互作用が小さい事が知られているため、 ϕ 中間子のクォークあたりの v_2 が他のハドロンとほぼ同じであるという事は、楕円型方位角異方性 v_2 がハドロン相での相互作用によるのではなく、QGP 相におけるクォーク・グルーオンの相互作用による事を意味する。

金・金原子核同士の衝突エネルギーを核子対あたり 200GeV、62GeV、39GeV の領域で v_2 のクォーク数によるスケーリング則がほぼ成り立っている事を確認した。これは、39GeV のエネルギー領域では、既に QGP 状態に達している事を意味する。一方で、衝突エネルギーを下げる事によるバリオン密度の変化に従って、陽子と反陽子の v_2 の差が次第に大きくなる。また、欧州共同原子核研究機構(CERN)の大型ハドロン衝突型加速器(LHC)でのさらに高いエネルギー(核子あたり 2.76TeV)での鉛・鉛原子核衝突実験と比較すると、 v_2 の粒子質量依存性に僅かなずれがあることが分かる。これは、エネルギーに依存した膨張(クォーク相及びハドロン相での膨張を含む)の違いを表していると解釈できる。

審 査 の 要 旨

RHIC-PHENIX 実験において、新たな反応平面検出器を設計、製作、導入し、核子対あたり 39、62、200GeV での金+金衝突を行い、高分解能反応平面を用いた楕円型方位角異方性の測定し、その粒子種を区別した解析を行った。流体力学的な計算等と比較する事により、高温高密度物質の膨張発展やその後の終状態の様子を明らかにした。これまでの楕円型方位角異方性測定の横運動領域を広げ、より細かい中心衝突度依存性を測定した。これにより、クォーク相における楕円流を示唆する v_2 のクォーク数によるスケーリングの適応可能範囲を明らかにした事が、特に重要である。また低い衝突エネルギー領域での楕円型方位角異方性とその粒子種依存性の測定を行い、その質量、電荷、クォーク数依存性に注目した解析をして、QCD 相図のより高密度側の QGP 発展とハドロン相からの寄与に関する理解を深めた。

〔結論〕

平成26年2月24日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において、審査委員全員の出席のもと、本論文について著者に説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士(理学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。